



Determinación de calidad del agua por bioindicadores del río Illuchi y planteamiento de una propuesta de manejo de recurso hídrico

Determination of water quality by bioindicators of the Illuchi River and proposal for water resource management

Determinação da qualidade da água por bioindicadores do rio Illuchi e proposta de gestão dos recursos hídricos

Jose Luis Agreda-Oña ^I
jose.agreda2101@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-5858-869X>

Patricia Priscila Maldonado-Campaña ^{II}
patriciamaldonado@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6242-0738>

Correspondencia: jose.agreda2101@utc.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 07 de junio de 2024 * **Aceptado:** 13 de julio de 2024 * **Publicado:** 10 de agosto de 2024

- I. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de CIYA, Ingeniería Sistemas, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de CIYA, Ingeniería Sistemas, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

Resumen

El río Illuchi es reconocido como una fuente importante para el desarrollo de las comunidades en el ámbito agrícola, por lo que toma gran relevancia conocer la calidad del agua que cursa en la cuenca de dicho río. Los objetivos definidos para el trabajo fueron analizar el agua del río mediante bioindicadores y análisis físico químicos, con respecto al uso del agua de riego establecido en la normativa ambiental vigente. Se definieron tres puntos de muestreo del río, en la naciente curso medio y desemboque en la ciudad de Latacunga, se recolectaron macroinvertebrados con el método de patada y mediante los índices ABI, BMWP, se determinó la calidad del recurso hídrico. En cuanto los parámetros físico químicos se midieron pH, temperatura, conductividad, nitratos y dureza total medida a través del índice RAS. Se logró determinar a través del índice ICA tuvo en el tercer muestreo calidad buena y en los demás índices calidad dudosa y mala, teniendo un índice de abundancia y Shannon Weaver con especímenes que están presentes en aguas contaminadas. Las estrategias utilizadas para mitigar los impactos fueron definidas mediante la metodología del Iceberg, generando puntos críticos a tomar en cuenta como son; las disposiciones finales de los sectores productivos no están netamente ligados a un buen manejo ambiental que está normado en el país, pero no está observado en la mayoría de los sectores estratégicos, dejando de ser meros requisitos de cumplimiento.

Palabras claves: Bioindicadores; contaminación hídrica; calidad de agua; mitigación de impactos; agua de riego.

Abstract

The Illuchi River is recognized as an important source for the development of communities in the agricultural field, so it is very important to know the quality of the water that flows in the basin of said river. The objectives defined for the work were to analyze the water of the river using bioindicators and physical-chemical analysis, with respect to the use of irrigation water established in the current environmental regulations. Three sampling points of the river were defined, in the source and middle course and the mouth in the city of Latacunga, macroinvertebrates were collected with the kick method and through the ABI and BMWP indices, the quality of the water resource was determined. Regarding the physical-chemical parameters, pH, temperature, conductivity, nitrates and total hardness were measured through the RAS index. It was possible to

determine through the ICA index that it had good quality in the third sampling and in the other indices, doubtful and poor quality, having an abundance index and Shannon Weaver with specimens that are present in contaminated waters. The strategies used to mitigate the impacts were defined using the Iceberg methodology, generating critical points to take into account such as: the final provisions of the productive sectors are not clearly linked to good environmental management, which is regulated in the country, but is not observed in most strategic sectors, ceasing to be mere compliance requirements.

Keywords: Bioindicadores; water pollution; water quality; impact mitigation; irrigation water.

Resumo

O rio Illuchi é reconhecido como uma importante fonte para o desenvolvimento das comunidades no domínio agrícola, pelo que é de grande importância conhecer a qualidade da água que atravessa a bacia do referido rio. Os objetivos definidos para o trabalho foram analisar a água do rio através de bioindicadores e análises físico-químicas, no que diz respeito à utilização da água de rega estabelecida na regulamentação ambiental em vigor. Foram definidos três pontos de amostragem do rio, no curso médio e foz na cidade de Latacunga, foram recolhidos macroinvertebrados pelo método kick e através dos índices ABI, BMWP foi determinada a qualidade do recurso hídrico. Quanto aos parâmetros físicos e químicos, foram medidos o pH, a temperatura, a condutividade, os nitratos e a dureza total medidos através do índice RAS. Foi possível determinar através do índice ICA que apresentou uma boa qualidade na terceira amostragem e uma qualidade duvidosa e fraca nos restantes índices, possuindo um índice de abundância e Shannon Weaver com exemplares que estão presentes em águas contaminadas. As estratégias utilizadas para mitigar os impactos foram definidas através da metodologia Iceberg, gerando pontos críticos a considerar como; As disposições finais dos sectores produtivos não estão claramente ligadas à boa gestão ambiental que é regulada no país, mas não se observa na generalidade dos sectores estratégicos, deixando de ser meros requisitos de cumprimento.

Palavras-chave: Bioindicadores; poluição da água; qualidade da água; mitigação de impactes; água de rega.

Introducción

El presente artículo tiene como prioridad el estudio de calidad de agua por bioindicadores en el río Illuchi Cotopaxi-Latacunga. A lo largo de las décadas, Ecuador ha destacado por su abundancia en recursos hídricos, pero la relación entre la actividad humana y la biosfera ha dado lugar a desafíos vinculados a la contaminación del agua afectando así a la calidad de vida de las personas (Sarandón, 2020). La realidad actual en cuanto al agua potable es bastante deprimente: hay poca agua, mucha está contaminada; además una inmensa cantidad de personas en el mundo no tiene acceso adecuado a este recurso (AdminRotoplas, 2021). El agua es crucial para la vida humana y debería ser un derecho básico, no un privilegio basado en la ubicación o situación económica (Sánchez & Tello, 2019). Sin embargo, en Ecuador, tres de cada 10 personas no tienen acceso a agua segura, lo que afecta su salud, desarrollo y calidad de vida. La gestión sostenible de los recursos hídricos es fundamental para garantizar su disponibilidad a largo plazo (Ayuda en Acción, 2023). Existen datos que señalan que en 15 años la mitad del mundo vivirá en áreas donde no habrá suficiente agua para todos (BBVA, 2019). Los efectos del cambio climático en la disponibilidad de recursos hídricos a lo largo del espacio y del tiempo afectarán a los pobres desproporcionadamente, por sus consecuencias sobre la agricultura, la pesca, la salud y los desastres naturales. Casi el 78% de los pobres del mundo, aproximadamente 800 millones de personas, sufren hambre crónica y 2.000 millones sufren carencias de micronutrientes (Ministerio del Ambiente, 2020). En Ecuador, la gestión del agua ha priorizado esfuerzos dirigidos a aumentar la disponibilidad de este recurso, sin necesariamente enfocarse en mejorar su calidad (Cadavid-Muñoz & Arango Ruíz, 2020). El desarrollo de la región andina se ve significativamente influenciado por la cuestión del acceso a agua limpia y saneamiento. Aunque el 70% de la población ecuatoriana tiene acceso a agua segura, aproximadamente un tercio todavía carece de ello, lo que los expone a riesgos de consumir agua contaminada con desechos fecales, la falta de acceso afecta desproporcionadamente a las niñas y niños en áreas rurales, donde seis de cada diez no tienen acceso a agua segura y saneamiento. En las zonas rurales, el 25% de los hogares ecuatorianos carecen de acceso a agua potable (Naciones Unidas en Ecuador, 2023). La escasez de agua en términos de calidad y el significativo aumento en la población del país están generando una presión considerable sobre las regiones elevadas de los páramos, de donde provienen las fuentes de agua primarias. Esto ha llevado a la sobreexplotación del recurso y al deterioro de la cobertura vegetal natural en las áreas de recarga (Terneus Jácome & Yanez-Moretta, 2018). A más se denominan macroinvertebrados acuáticos

aque aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500 μm (Leaño Sanabria & Pérez Barriga, 2020). Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se puede observar a simple vista. Se definen como animales invertebrados con cuerpos superiores a 0,5 mm de largo: insectos, arácnidos, moluscos, anélidos, crustáceos, entre otros (Arana Maestre et al., 2021) . Los macroinvertebrados bentónicos son muy utilizados como bioindicadores de la calidad de fuentes de agua, debido a sus características y requerimientos especiales que hacen a estos organismos muy sensibles a diversos impactos. Según Chávez (2018) la relación de la calidad de agua con la salud, es evidente y es una prioridad sanitaria desde siempre. Los parámetros (físicos, químicos y biológicos) como indicadores de calidad del agua, proporcionan numerosas ventajas, como su presencia en la mayoría de los sistemas acuáticos continentales y la naturaleza sedentaria de los organismos, la simplicidad metodológica y una alta confiabilidad el documento (Banda et al., 2021). Se tiene como objetivo dar a conocer los tipos de procesos y la interpretación de la calidad del agua bajo indicadores, biorreactores en un determinado lugar como lo es el Rio Illuchi (Gil-Mora et al., 2022). Los ecosistemas de agua dulce como ríos, quebradas, lagos y lagunas, son altamente vulnerables debido a la acumulación de contaminantes provenientes de actividades agropecuarias. Estos contaminantes incluyen sedimentos y agroquímicos que se vierten en los cuerpos de agua (Tobias Loaiza & Guzmán Soto, 2022). Los análisis físicos, químicos y bacteriológicos han sido por mucho tiempo los análisis clásicos para la determinación de la calidad de agua, aunque algunos países en los últimos años están incorporando a los macro invertebrados para calcular la calidad de agua en los ecosistemas; al ser el ecosistema acuático es un sistema funcional, en este hay un intercambio constante de materia y energía entre los seres vivos y el ambiente abiótico. Puesto que la química y la biología, están íntimamente relacionados; para la determinación de calidad de aguas naturales y contaminadas (Tisnado et al., 2020). La implementación de un plan de manejo para los recursos hídricos parte desde la recolección de datos, el diagnóstico de la problemática y la generación de herramientas de gestión para el presente plan, con el objetivo principal generar una propuesta de plan participativo comunitario para el manejo de los recursos hídricos (Mejia Manrique, 2021). Podemos decir que los planes de manejo de recurso hidrico se realizaran a partir de las condiciones del área de estudio encontradas para que se pueda realizar sin interferencias (Limache Sandoval et al., 2021)

Metodología (materiales y métodos)

Obtención de muestras para el análisis físico-químico

Para la evaluación de la calidad del agua en este estudio, se hizo uso del Acuerdo Ministerial 097-A, el cual establece los límites máximos permitidos según los diversos usos del agua. Asimismo, se siguieron las pautas de la "Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras" y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo y técnicas de muestreo" para la recolección de muestras. En el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga-Salache, se analizaron los siguientes parámetros: Nitratos, Cromo, DQO, Turbidez, pH, Calcio y Magnesio.

Procedimiento para obtener muestras de agua

Para iniciar la obtención de las muestras de agua del río, se procedió a lavar el frasco de vidrio ámbar en tres ocasiones utilizando el agua del mismo afluente. Posteriormente, se llenó completamente la botella con agua del río para evitar la presencia de burbujas de oxígeno. Después de este paso, se etiquetaron de manera clara las muestras con la información del lugar de muestreo, permitiendo así su diferenciación entre los diversos puntos de toma. Con el propósito de transportar las muestras recolectadas, se mantuvieron en un cooler a temperaturas entre 2°C y 5°C, conforme a las normativas establecidas en la INEN 2169. Finalmente, las muestras fueron sometidas a análisis en el laboratorio (IAGRO, 2022).

Procedimiento para llevar a cabo el análisis de la calidad del agua

Procedimiento para la evaluación de nitratos

Para determinar la concentración de nitratos en el agua, se empleó un espectrofotómetro. En primer lugar, se llenó un tubo de ensayo con 10 ml de la muestra obtenida del río y transportada, y se combinó con el reactivo específico para nitratos. A continuación, se agitó suavemente para homogeneizar la muestra, asegurándose de limpiar adecuadamente la base del tubo de ensayo para evitar cualquier alteración en la lectura. Posteriormente, se midió la concentración de nitratos. Este procedimiento se repitió tres veces de manera independiente para cada punto de muestreo de nitratos. Además, el contenido de los tubos de ensayo se desechó en un recipiente adecuado para

su posterior eliminación, dado que estos reactivos pueden causar contaminación en el agua (Hernández Alpízar et al., 2020)

Procedimiento para llevar a cabo el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Para llevar a cabo este análisis, se adquirió un conjunto de viales que cuenta con la aprobación de la EPA 410.4 para la medición de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas superficiales y aguas residuales. El procedimiento fue ejecutado por (Duque Sarango et al., 2018)

Procedimiento para la medición de la dureza de calcio y magnesio a través de la cromatografía

En la evaluación de la dureza del calcio y magnesio, se consideró la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 974, para la determinación de la dureza total se realizó usando EDTA basado en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN NTE 1 107 para la determinación del calcio. Para calcular el calcio y el magnesio, se siguen las ecuaciones especificadas en las normas INEN. Se aplicó las siguientes ecuaciones:

Totalidad de la Dureza:

$$D = 1000 * \frac{V_2 * f}{V_1}$$

En contexto:

D = dureza total (EDTA) expresada en miligramos de carbonato de calcio por litro.

V_1 = cantidad / volumen de la muestra.

V_2 = volumen de la solución de EDTA empleada en la titulación.

f = factor de dilución de la solución de EDTA.

Contenido de calcio:

$$\frac{mg}{l} Ca = \frac{A * B * 400,8}{ml \text{ de muestra}}$$

Dureza atribuible al calcio

$$\frac{mg}{l} CaCO_3 = \frac{A * B * 1000}{ml \text{ de muestra}}$$

Donde:

A = ml de EDTA utilizado en la titulación.

$B = \text{ml de } CaCO_3 \text{ equivalente a 1 ml de EDTA, determinado mediante la titulación con la solución valorada de calcio.}$

Recolección de muestras para el análisis de macroinvertebrados

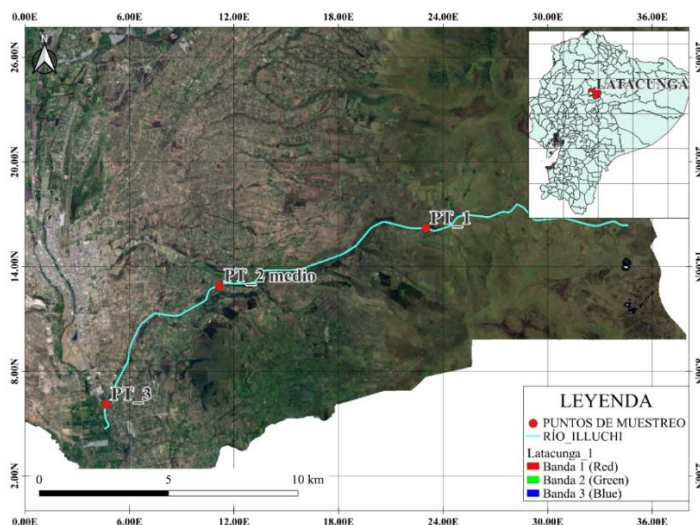
Para la obtención de las muestras se empleó la técnica de recolección mediante la red de patada, la cual implica remover el lecho del río para capturar los sedimentos en la red. Los sedimentos recolectados se dispusieron en una bandeja blanca, y los macroinvertebrados extraídos se colocaron en frascos de vidrio con alcohol al 90%, cada uno debidamente etiquetado, para su posterior transporte al laboratorio. En el laboratorio, se llevó a cabo la cuantificación e identificación de las muestras en tubos de ensayo separados por punto de muestreo, preservados con alcohol al 90%.

Resultados y discusión

Área de investigación

El río Illuchi constituye un relevante cuerpo de agua situado en la provincia de Cotopaxi, específicamente en la localidad de Latacunga. La microcuenca asociada al río Illuchi forma parte integrante del sistema hídrico del río Cunuyacu. Su origen se encuentra en la cordillera de los Andes ecuatorianos, derivado del deshielo de glaciares y nevados en las elevadas cumbres cercanas al volcán Cotopaxi. La cuenca hidrográfica del río Illuchi abarca una extensa área con afluentes que contribuyen a su caudal en distintas estaciones del año. El ecosistema fluvial del afluente alberga una rica diversidad de flora y fauna. A lo largo de la historia, el río Illuchi ha sido una fuente esencial de recursos para las comunidades que residen en sus proximidades. (Ministerio del Ambiente, 2021).

Figura 1. Mapa del río Illuchi



Nota: Identificación de los puntos para el muestreo de bioindicadores.

Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo de macro invertebrados y aguas residuales, se establecieron en zonas de fácil acceso con aguas poco profundas y actividades humanas, según la tabla 1 se establece el punto de muestreo.

Tabla 1.

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

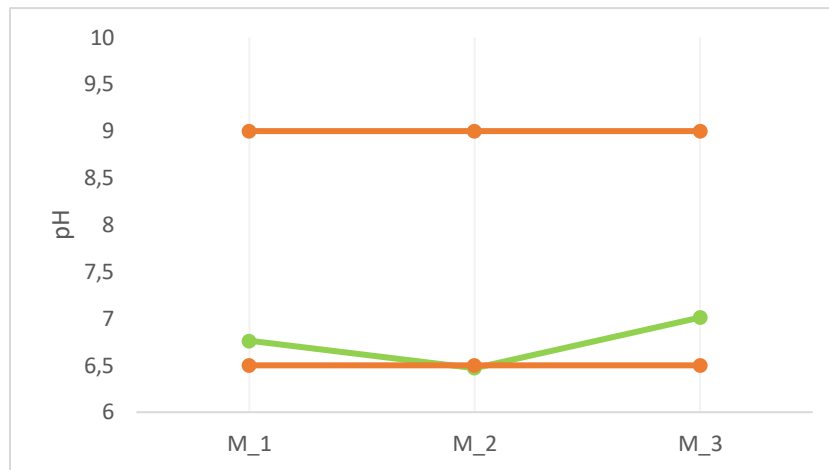
Ubicación Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud	Ubicación
P01	920562921	7849187	3480.84	Illagua
P02	940780421	7856352	2886.62	Ignacio Flores
P03	982156050	7860274	2746.54	Belisario Q.

Nota: Ubicación geográfica de cada punto de muestreo. Elaborado por la investigadora.

Resultados de los análisis físico químicos

En la figura 5 se presenta los resultados del pH, donde se dice que el punto dos en STEAK HOUSE es más ácido comparado a los otros puntos con un valor de 6,5, sin embargo, sigue dentro de los límites permisibles del Decreto Ministerial 097A, Anexo 1 TULSMA Normativa ambiental y de vertidos al agua, Tabla 3 criterios de calidad para el agua utilizada en la irrigación agrícola.

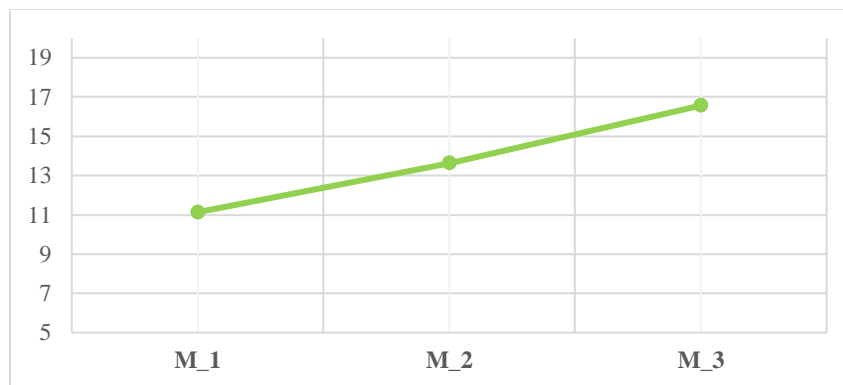
Figura 2. Resultados del nivel de pH en los tres lugares.



Nota: Acidez del río Illuchi. Preparado por el Grupo de Investigación.

Según se aprecia en la figura 6, la temperatura en el río Illuchi presenta variaciones en los diferentes puntos de muestreo. En el primer punto, la temperatura es considerablemente más baja en comparación con el punto tres. La mayoría de bioindicadores tienen rangos de temperatura en los que se reproducen y sobreviven en el río. Sin embargo, cuando se produce un cambio significativo en el afluente, estos macro invertebrados se ven afectados y a su vez afectan la calidad del río Illuchi.

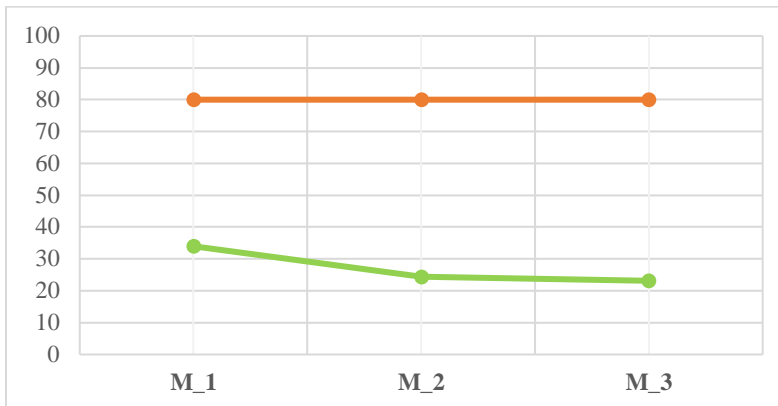
Figura 3. Resultado de la temperatura del agua en los tres puntos.



En la figura 7 se evidencia que el nivel de oxígeno disuelto (OD) está por debajo del límite máximo permitido para la vida acuática. Al descender el oxígeno disuelto en el río Illuchi, la probabilidad de supervivencia de los organismos acuáticos disminuye. Por ejemplo, en el punto de muestreo

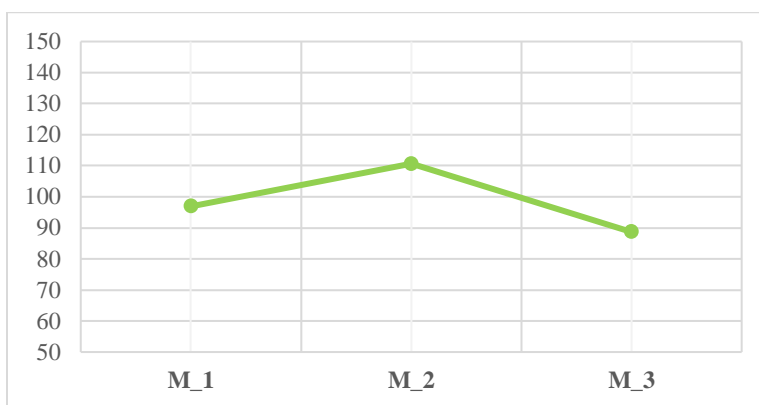
tres, el nivel de OD es del 22%, lo que indica una menor cantidad de vida acuática en comparación con el punto 1, donde el nivel de saturación es del 33%.

Figura 4. Resultados del nivel de oxígeno disuelto en los tres lugares.



En la figura 8, se evidencia que los niveles excesivos de conductividad pueden tener un impacto negativo tanto en la vida acuática como en la calidad del río. La alta conductividad indica un exceso de nutrientes en el agua lo que puede afectar al ecosistema fluvial. Es importante monitorear y controlar estos niveles para preservar la salud del río y su biodiversidad.

Figura 5. Resultado de conductividad eléctrica de los tres puntos.

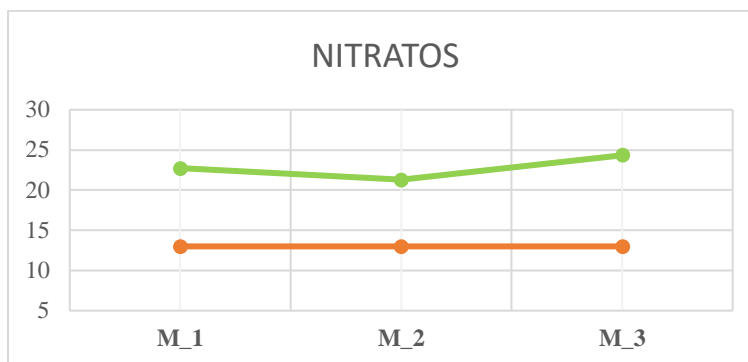


Nota: Promedio de la conductividad eléctrica en los tres puntos seleccionados.

Al analizar los valores de nitratos, se observa una variación en el rango de 21 a 24 mg/l, siendo el último punto ubicado en la parroquia Ignacio Flores el que presenta la concentración más alta de nitratos, alcanzando los 24 mg/l. Sin embargo, es importante señalar que, de acuerdo con lo

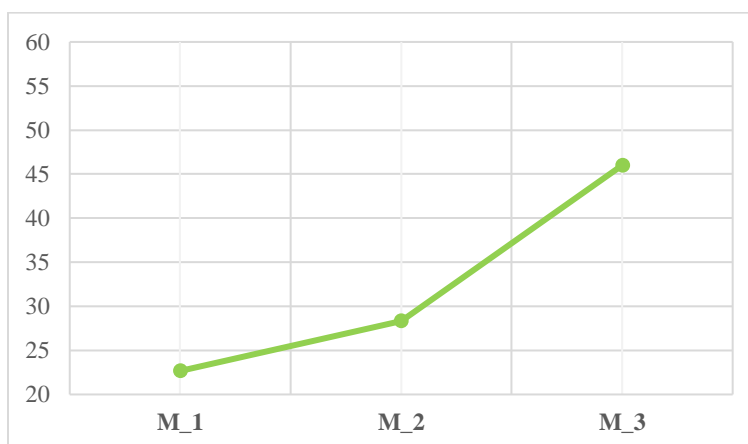
estipulado en el Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1 TULSMA Normativa ambiental y de vertidos al recurso agua, Tabla 3 criterios de calidad para el agua utilizada en la irrigación agrícola, estos valores superan el límite máximo permitido para el uso agrícola, establecido en 13 mg/l.

Figura 6. Resultado de la concentración de nitratos en los tres lugares.



Los resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el río Illuchi, como se muestra en la figura 11, revelan que el punto más distante, situado en la parroquia Ignacio Flores, presenta una mayor Demanda Química de Oxígeno, alcanzando los 46 mg/l. Niveles elevados de DQO en el río pueden tener repercusiones en la idoneidad de la calidad del agua para las actividades agrícolas realizadas en la zona.

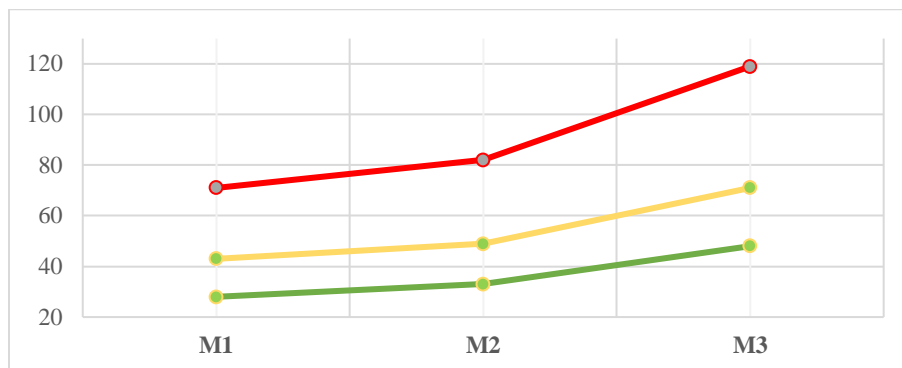
Figura 10. Resultado de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los tres lugares.



En la figura 11 se observa el nivel de dureza que contiene el río Illuchi, según la OMS los límites para considerar si el agua es blanda presenta concentraciones inferiores a 60 mg/L de carbonato de

calcio (CaCO₃), medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/L. Entonces en el punto tres su dureza total llega a los 119 mg/L, siendo un agua dura casi llegando a ser muy dura, así mismo en el punto 1 y 2 con 71 mg/L y 82 mg/L. Considerando al río Illuchi con niveles casi altos en concentraciones de calcio y magnesio.

Figura 11. Dureza cálcica del río Illuchi por puntos.



Evaluación de la concordancia entre los resultados fisicoquímicos y los índices de calidad del agua basados en macroinvertebrados

Tabla 2. Comparación resultados para la calidad de agua para la vida silvestre o acuáticos.

RÍO ILLUCHI										
Punto de muestreo	MES	Calidad del Agua					Biodiversidad			
		BMWP/col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad	SHANNON WEAVER	ABUNDANCIA	
ILLAGUA	Semana 1	46	DUDOSA	30	REGULAR	33%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.92	85
	Semana 2	51	DUDOSA	37	REGULAR	26%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.72	81
	Semana 3	48	DUDOSA	34	MALO	35%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.57	71
IGNACIO	Semana 1	47	DUDOSA	35	REGULAR	22%	MALA	Biodiversidad baja	1.79	78
FLORES	Semana 2	39	DUDOSA	30	MALA	22%	MALA	Biodiversidad baja	1.57	67

BELISARIO QUEVEDO	Semana 3	39	DUDOSA	30	MALO	22%	MALA	Biodiversidad baja	1.53	67
	Semana 1	33	CRÍTICA	25	MALO	38%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.57	157
	Semana 2	41	DUDOSA	42	REGULAR	23%	MALO	Biodiversidad baja	1.32	113
	Semana 3	31	CRÍTICA	28	MALO	36%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.32	137
Vida acuática y silvestre										
ICA					80.05		74.70		72.60	
Valor					BUENO		BUENO		REGULAR	
Riego de agricultura										
ICA					58.39		63.03		63.82	
Valor					MALA		MALA		MALA	

Como se observa en la tabla 2, en el análisis de la calidad del agua mediante macro invertebrados, en el primer punto ubicado en la comunidad de Illagua, durante tres semanas consecutivas, los índices BMWP y EPT indicaron una calidad dudosa. Sin embargo, en la tercera semana, el índice ABI señaló una calidad mala. Esto se debe a que cada índice tiene diferentes criterios de calificación basados en familias, órdenes y clases de macro invertebrados. El índice de biodiversidad de Shannon Weaver también mostro una deficiente biodiversidad con una calificación de 1,57 a 1,92 en el puntaje Shannon. Al comparar con los análisis físico-químicos, se determinó que la calidad del agua está en condiciones buenas casi regulares para la vida acuática silvestre según las normas INEN del acuerdo ministerial 097 A. Sin embargo, las condiciones del afluente indican que no es adecuado para el riego agrícola según la normativa. En el punto dos del río ubicado en Ignacio Flores, durante tres semanas se observó una calidad dudosa según el índice BMWP. Sin embargo, los índices ABI y EPT indicaron una calidad mala debido a las puntuaciones bajas en órdenes y clases de macro invertebrados. A diferencia de las familias, el primer índice se basa en ellas y, por lo tanto, dio una calidad dudosa. La abundancia determinada en el lugar también fue baja según el índice de Shannon Weaver. Según el índice ICA de Canadá, la calidad para la vida acuática y silvestre fue buena, casi regular.

Propuesta de manejo del recurso hídrico del río Illuchi

Este proyecto se centra en la gestión eficaz del agua del río Illuchi. Actualmente, el río Illuchi enfrenta un riesgo que varía de moderado a crítico, según los hallazgos de nuestra investigación. Las actividades humanas, como la agricultura y la ganadería, han provocado un desequilibrio en la calidad del agua del río, afectando principalmente a quienes dependen de este recurso. Por lo tanto, es esencial introducir varios métodos de gestión del agua. Estas propuestas están destinadas principalmente a las comunidades ubicadas cerca al río y que utilizan regularmente sus aguas.

Método de Iceberg para identificar los puntos más importantes y dar propuestas para el manejo de recurso hídrico

Como se muestra en la figura 15, el Iceberg consta de dos partes; la parte visible que representa la contaminación del río Illuchi y las diversas soluciones propuestas para mitigar los efectos de las actividades humanas. La parte oculta que detalla las diversas actividades que contribuyen a la contaminación del río, como la agricultura, la acumulación de residuos y las actividades realizadas en las áreas adyacentes al río. Es esencial que la sociedad comprenda adecuadamente el uso del agua y promueva eficientemente las actividades amigables con el medio ambiente en las áreas circundantes del río.

Figura 7. Puntos importantes y varias propuestas para reducir la contaminación en el río Illuchi



Tabla 3. Cuadro de propuestas para el manejo de recurso hídrico en los aspectos social-cultural, económico y ambiental.

Aspecto social-cultural		
Objetivo: Promover la participación activa de la comunidad		
Propuesta	Actividad	Responsable
Programa de Concientización sobre Uso Responsable del Agua	Campañas de sensibilización en medios locales y redes sociales	- Líderes de la comunidad
	Charlas en eventos comunitarios y ferias	-Investigadores
	Campañas educativas sobre la importancia de la gestión de residuos	-GAD
Aspecto económico		
Objetivo: Disminuir el nivel de contaminación del río Illuchi		
Programa de Agricultura Sostenible y Eficiente	Capacitación en técnicas de riego eficiente y conservación	
	Intercambio de experiencias entre agricultores	
	Facilitación de acceso a subsidios para tecnologías sostenibles de uso de sistemas de riego eficiente y técnicas de conservación de suelo	- Líderes de la comunidad -Investigadores
Manejo Sostenible de la Actividad Ganadera	Capacitación en prácticas de manejo sostenible de desechos	-GAD -Líderes agrícolas
	Minimizar la huella ambiental de la actividad ganadera mediante el fomento de pastoreo rotativo y sistemas de confinamiento	-Líderes ganaderos
	Implementar sistemas de gestión de estiércol y desechos animales para evitar la escorrentía de contaminantes al agua.	
Aspecto ambiental		
Objetivo: Mejorar la calidad del agua y del ambiente		
	Organización de eventos de limpieza comunitaria	- Líderes de la comunidad

Programa de Gestión Integral de Residuos	<p>Campañas de sensibilización sobre el manejo de residuos</p> <hr/> <p>Reducir la acumulación de desechos contaminantes mediante implementación de sistemas de separación de residuos</p>	<p>-Investigadores -GAD -Comité de gestión de residuos.</p>
--	--	---

Según se puede apreciar en la tabla 3, se han desarrollado propuestas con el fin de alcanzar cada meta establecida en los contextos socioculturales, económicos y ambientales. Este plan disminuir significativamente los índices de contaminación de río Illuchi, dado que se centra en las acciones humanas de la comunidad, que son las principales causantes del deterioro del caudal. En el ámbito económico, se puso énfasis en una agricultura sostenible y eficaz. Esto se lograría a través de la formación en técnicas de riego eficiente, el intercambio de experiencias entre agricultores y la provisión de subsidios para tecnologías sostenibles. Estas acciones mejorarían la productividad agrícola y optimizaría el uso del agua, además de promover practicas sostenibles en la agricultura. Todos esto se llevaría a cabo con la colaboración de agrónomos y expertos en la agricultura sostenible (MAG, 2021). Y como último el aspecto ambiental, se tomó en cuenta la gestión integral de residuos con la implementación de sistemas de separación de residuos, campañas de sensibilización sobre el manejo de residuos y mingas entre las poblaciones para la recolección de residuos adyacentes al río, para reducir la acumulación de desechos y mejorar la calidad del río(Alberdi Collantes, 2021).Cuando se realizan estas actividades, se anticipa una perspectiva optimista hacia la mejora de la calidad del río Illuchi. Además, se espera un mayor compromiso de la comunidad con la relevancia del río y diversas formas de prácticas ecológicas que deben implementarse de inmediato.

Conclusión

Los puntos señalados fueron considerados en diversas actividades antropogénicas realizadas por la población que habita en la zona, donde la calidad del río se ve afectada por el ingreso de ganado bovino patógeno que perturba la vida acuática y las actividades agrícolas. Con su escorrentía, causa eutrofización en el río y los desechos acumulados cerca del afluente crean sustancias químicas que ingresan al arroyo y aumentan la contaminación. También se determinaron los lugares de muestreo

con base en la Norma Técnica Ecuatoriana de Muestreo de Agua. En el análisis físico-químico se consideraron 9 parámetros: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, nitratos, cromo, consumo químico de oxígeno y dureza de calcio y magnesio. Según estos indicadores, el agua del río Illuchi demostró ser de buena calidad en los dos primeros puntos de muestreo seleccionados, mientras que un mal resultado en el último punto, además se encontraron un total de 856 muestras y 12 especies diferentes en una muestra de macroinvertebrados. Es más común la presencia de las clases OLIGOCHAETA e INSECTA, obteniendo los dos primeros puntos de calidad cuestionable y el último punto crítico con una puntuación de 48,3; 41,7 y 35 respectivamente del BMWP; La puntuación del ABI obtuvo una puntuación baja en los tres ítems, con 33,7; 31,7 y 31,7; De igual forma, para la calidad del EPT se observó una calidad normal en el primer y último punto y mala en el segundo con porcentajes del 31%, 22% y 32%. Finalmente, la biodiversidad tributaria asignada a Shannon Weaver arrojó una puntuación de biodiversidad baja de 1,74. Se encontró que la calidad del río Illuchi se encuentra en el rango medio a bajo debido a diversos factores antropogénicos que afectan la calidad del río, los más importantes son la agricultura y la crianza y acumulación de desechos sólidos desarrollados por la comunidad. Para ello se planificaron 4 propuestas con 12 actividades, que incluyen estrategias para el uso eficiente del agua de riego e intercambio de experiencias de agricultores, fomento del pastoreo rotacional y su capacitación en diversas prácticas para el manejo sustentable de los desechos animales. Al igual que con el río, también se proponen programas de concientización y mingas para mejorar la calidad del río Illuchi y los medios de vida de las comunidades.

Referencias

1. AdminRotoplas. (2021, agosto 13). La importancia del cuidado del agua | Rotoplas México. Rotoplas. <https://rotoplas.com.mx/la-importancia-del-cuidado-del-agua-para-la-sociedad-actual/>
2. Alberdi Collantes, J. C. (2021). Intensificación productiva y pérdida de ruralidad, en el origen de la merma de conocimiento natural: El ejemplo del ganadero de la Comarca de San Sebastián / Productive intensification and loss of rurality, at the origin of the decrease of natural knowledge: The example of the cattle rancher in the San Sebastián region | Ería. <http://156.35.33.189/index.php/RCG/article/view/16035>

3. Arana Maestre, J., Carrasco Badajoz, C., Coayla Peñaloza, P., Rayme Chalco, C., & Sánchez Peña, M. (2021). Aquatic Macroinvertebrates of Arid and Semi-Arid Ecosystems of Peru. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.658940>
4. Asamblea Constituyente de Montecristi. (2008). Constitución de la República del Ecuador | Descargar PDF Constitución de la República del Ecuador | Actualizado 2023. Lexis S.A. <https://www.lexis.com.ec/biblioteca/constitucion-republica-ecuador>
5. Ayuda en Accion. (2023). El agua en Ecuador: No debe ser un privilegio. Ayuda en Acción. <https://ayudaenaccion.org/proyectos/articulos/agua-ecuador/>
6. Banda, J. D. P., Ramos, Y. I. F., Maquera, S. N. H., Pacoricona, D. A. C., Centeno, M., Blaz, T. M. V., & Callacondo, A. R. Y. (2021). Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional: ¿Cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Moquegua. *Ciencia & Desarrollo*, 20(1), Article 1. <https://doi.org/10.33326/26176033.2021.1.1107>
7. BBVA. (2019, julio 4). ¿Por qué es tan importante el cuidado del agua y cómo se puede ahorrar? BBVA NOTICIAS. <https://www.bbva.com/es/pe/por-que-es-tan-importante-el-cuidado-del-agua-y-como-se-puede-ahorrar/>
8. Cadavid-Muñoz, N., & Arango Ruíz, Á. (2020). El mercurio como contaminante y factor de riesgo para la salud humana. *Revista Lasallista de investigación*, 17(2), 280-296.
9. Duque Sarango, P. J., Heras-Naranjo, C., Lojano-Criollo, D., & Vilorio, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios.//Modeling of biological wastewater treatment; study in pilot plant of rotating biological contactors. *CIENCIA UNEMI*, 11(28), 88-96. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp88-96p>
10. Gil-Mora, J. E., Boza, Á. H. F., Ramos, K. J. O., & Oviedo, N. A. V. (2022). Determinación de la pérdida de la calidad de un río urbano en Cusco: Caso Saphy. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 3722-3748. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1765
11. Hernández Alpízar, L., Mora Molina, J., & Coy Herrera, R. (2020). Nitrate monitoring in oil palm drainages (*Elaeis guineensis*): A tool for crop sustainability. *Cuadernos de Investigación UNED*, 12(1), 27-39. <https://doi.org/10.22458/urj.v12i1.2807>

12. IAGRO. (2022). IAGRO - instituto Agrotécnico Pedro M. Fuentes Godo—TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE AGUAS. <http://agrotecnico.unne.edu.ar/item/136-toma-de-muestras-para-analisis-de-aguas>
13. Izquierdo, G., García, P., Aravena, M., Delpiano, L., Reyes, A., Cofré, F., Hernández, M., Sandoval, A., & Labraña, Y. (2018). Hemocultivos en recién nacidos: Optimizando la toma de muestra y su rendimiento. *Revista chilena de infectología*, 35(2), 117-122. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182018000200117>
14. Leño Sanabria, J. J., & Pérez Barriga, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre Ríos—Tarija. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892020000100007&script=sci_arttext
15. Leyva Haza, J., Guerra Véliz, Y., Leyva Haza, J., & Guerra Véliz, Y. (2020). Objeto de investigación y campo de acción: Componentes del diseño de una investigación científica. *EDUMECENTRO*, 12(3), 241-260.
16. MAG. (2021). Ecuador fortalece producción agropecuaria sostenible y libre de deforestación. UNDP. <https://www.undp.org/es/ecuador/news/ecuador-fortalece-producci%C3%B3n-agropecuaria-sostenible-y-libre-de-deforestaci%C3%B3n>
17. Mejía Manrique, R. (2021). Propuesta de plan de manejo participativo comunitario de los recursos hídricos en la microcuenca Chalhuanca. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12860>
18. Ministerio del Ambiente. (2020). El cambio climático afecta los recursos hídricos – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/el-cambio-climatico-afecta-los-recursos-hidricos/>
19. Ministerio del Ambiente. (2021). Cotopaxi cuenta con su segunda Área de Protección Hídrica – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/cotopaxi-cuenta-con-su-segunda-area-de-proteccion-hidrica/>
20. Naciones Unidas en Ecuador. (2023). Día del Agua: Garantizar la disponibilidad de agua y el saneamiento en la región andina | Naciones Unidas en Ecuador. <https://ecuador.un.org/es/224762-d%C3%ADa-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-regi%C3%B3n-andina>, <https://ecuador.un.org/es/224762->

d% C3% ADa-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-regi% C3% B3n-andina

21. Narvaez, M. (2023, abril 6). Método inductivo: Qué es, características y ejemplos. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-inductivo/>
22. Osorio Campillo, H., & Sánchez, E. R. (2011). La cartografía como medio investigativo y pedagógico. *Dearq*, 9, 30-47. <https://doi.org/10.18389/dearq9.2011.05>
23. Quintana, A., & Perez, A. (2019, abril 1). Sobre la conservación de muestras por congelación – Cookbook Laboratory. <https://www.cookbooklaboratory.com/sobre-la-conservacion-de-muestras-por-congelacion/>
24. Reyes Ruiz, L., & Carmona Alvarado, F. (2020). La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio. <https://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/6630>
25. Rocha Velázquez, M. E., Ruiz Paloalto, M. L., Padilla Raygoza, N., Rocha Velázquez, M. E., Ruiz Paloalto, M. L., & Padilla Raygoza, N. (2017). Correlación entre factores socioculturales y capacidades de autocuidado en adulto maduro hipertenso en un área rural de México. *Acta universitaria*, 27(4), 52-58. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1086>
26. Samancta. (2021). Sample containers—SAMANCTA. https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/EN/GeneralProcedures/SampleContainers_EN.htm
27. Sánchez, A. A., & Tello, L. L. G. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable*, 19, Article 19. <https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>
28. Sarandón, S. (2020). El papel de la agricultura en la transformación social-ecológica de América Latina.
29. Terneus Jácome, E., & Yanez-Moreta, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja*, 27(1), 36-50. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.03>
30. Tisnado, G. M., Tafur, C. M., Polo-Corro, J. L., & Revilla, M. H. (2020). CALIDAD DEL AGUA SEGÚN LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUACAMARCANGA (LA LIBERTAD, PERÚ). *REBIOL*, 40(1), Article 1.

31. Tobias Loaiza, M. J., & Guzmán Soto, C. (2022). Variación estructural de familias de macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad de agua en quebradas asociadas a cultivos de café y ganadería vacuna en el sector de La Tagua, Sierra Nevada de Santa Marta. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(178), 206-216. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1577>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).